

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 高操控性自主式水下載具淺海域作業系統之整合技術研究 (III)---總計畫

### Study on the Integrated Technology of the AUV-HM1 Operating System in Shallow Water (III)

計畫編號：NSC 88-2611-E-002-017

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：鄭勝文 台灣大學造船及海洋工程學系

#### 一、中文摘要

本報告針對台灣大學造船及海洋工程研究所研發中之自主式水下載具 AUV-HM1 之作業系統，說明其設計理念以及系統整合的方法。AUV-HM1 之任務是以目標物之搜尋及調查為主，因此必須兼具高速巡航與低速徘徊的特性，以及高性能感測及分析判斷能力。一個 AUV 作業系統，乃針對已知使用需求，設置具特定性能的 AUV 系統及相關支援系統。AUV 系統由控制次系統、AUV 本體及感測次系統所組成，依據任務要求，控制次系統在感測次系統之輔助下，對 AUV 本體進行操控，直到任務完成為止。支援系統則含母船、導航系統及通訊系統等。本計畫建立並實測作業系統在海域做設定路徑之導航及運動控制。在試驗過程中，並且使用前視聲納訊號，即時估測外物狀態，並進行路徑及控制輸出之規劃，以調整 AUV 之運動路徑，如此則可避免碰撞，或進行目標物跟蹤。實驗結果顯示，本計畫所建立之作業系統，在 AUV-HM1 水下探測計畫中，成功達到導航及控制之目的，為爾後性能測試及海域實驗之基礎研究。

關鍵詞：水下載具、水下導航

#### Abstract

In this report, we introduce the design effort to build up fundamental navigation

tools for the autonomous underwater vehicle, AUV-HM1 in short range, shallow water operations. The inertial motion sensor package that is used to estimate the position and the attitude of the vehicle is established. We have developed an acoustic network which provides periodic position fixes to improve the navigational accuracy. Sonar based navigation is investigated for piloting in unknown natural environment. An integrated system that incorporates the inertial unit, external aids, and visual sensors to the design of the navigation system for AUV-HM1 is our final goal.

**Keywords:** underwater vehicles, underwater navigation

#### 二、緣由與目的

自主式水下載具 (AUV; Autonomous Underwater Vehicles) 為移動式儀器承載平台，本身擁有推進能力，並具備智慧型功能，可以依所攜帶的感測元件及工具，獨立完成水中觀測及採樣工作。一般性智慧型功能包括環境的感測及解釋、定位、即時處理訊息以做判斷等。此等載具與監控人員之連繫可使用纜線、聲學無線通訊，或是完全獨立操作。使用 AUV 之水中觀測，除了沒有人員的安全顧慮外，並可以提供穩定的儀器承載，以進行長期、靠近現場的量測，以及精準的深度定位和速度控制，可與傳統之船舶、拖曳平台、遙控

潛艇 (ROV; Remotely Operated Vehicles)、載人潛艇等水中觀測載具互為輔成。此外，使用多具載具構成量測網路，同時進行大區域量測的多載具系統，可以針對快速變動的海中環境進行觀測，以大幅減少量測時間及成本。因此，AUV 技術的發展，將提供海洋開發更為直接有效的工具，為各工業先進國家競相研發的主要對象。台灣大學造船及海洋工程研究所於 82 年 8 月起為期三年，在國科會工程處之支援下著手進行實驗機 AUV-HM1 之第一階段研發工作，目的在於建立兼具巡航與徘徊功能之高操控自主性水下載具設計與組裝能力，同時完成一具可供研發各類控制技術之實驗機 [1-12]。圖 1 為實驗機的外觀，其主要規格如表 1 所示。本計畫目標則在建立自主式水下載具淺海域作業整合技術，並完成淺海域試驗機之設計及實作，進而實施淺海域測試，蒐集、分析及累積作業性能數據，以為進一步改善設計與實作技術之依據。

AUV-HM1 之任務是以目標物之搜尋及調查為主，因此必須兼具高速巡航與低速徘徊的特性，以及高性能感測及分析判斷能力。一個 AUV 作業系統 (AUV Operating System) 如圖 2 所示，乃針對已知使用需求，設置具特定性能的 AUV 系統及相關支援系統。AUV 系統由控制次系統、AUV 本體及感測次系統所組成，依據任務要求，控制次系統在感測次系統之輔助下，對 AUV 本體進行操控，直到任務完成為止。支援系統則含母船、導航系統及通訊系統等。而作業系統之研發所需之關鍵軟硬體，除基本設計之充實、細部設計 (含佈置設計) 之建立、AUV 本體實作相關硬體技術 (如浮力材、拋重裝

置、耐壓接頭、壓力艙、浸油均壓電路等) 之取得與開發外，最重要的莫過於各作業模態所需導航(含定位)及通訊技術。例如由圖 3 所示之海下作業內容可知，設定 AUV 做特定範圍之調查時，AUV 必須具備計算本身運動軌跡並定期作校正之能力，此即內部導航系統(如慣性導航等)及外部導航輔助系統(如聲波定位等)之整合運用；又如搜尋特定目標(如沈船，飛機淺骸等)或航行中避碰之情形，AUV 必

表 1 AUV-HM1 主要規格

項目	規格
外型尺寸	2.0m(L)× 1.0m(W)× 0.6m(H)
重量	450kg 空氣中重量
負載	50kg
操作深度	300m
航速	4.0kt
CPU	PC586
推進器	水平 2× 1kW
操控裝置	控制面 2× 300W
電池	鉛酸電池 20× 6V× 10AH
感測元件	加速儀; 方向陀螺儀 深度儀; 傾斜計 都卜勒航速聲納 避碰聲納

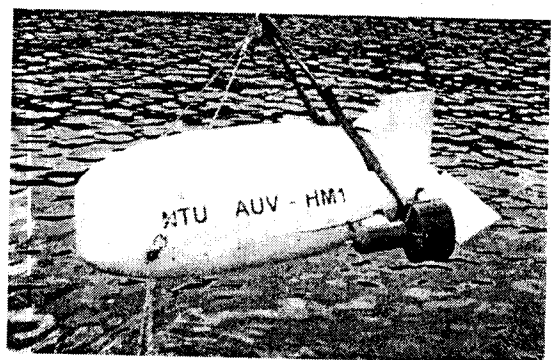


圖 1 AUV-HM1 外觀

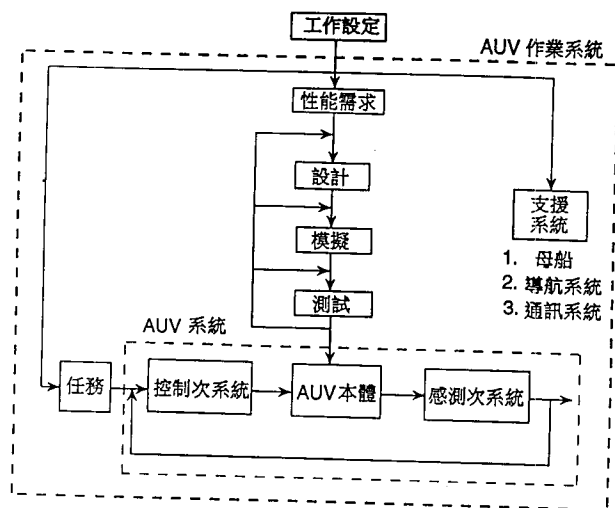


圖 2 AUV 作業系統架構

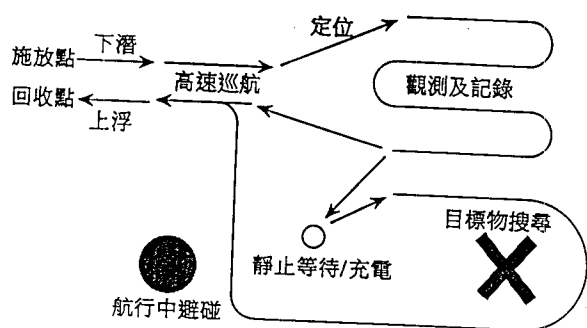


圖 3 AUV 海域作業概念圖

須依靠相對位置、影像等決定運動路徑，此即環境導航系統（如視覺導航等）之運用；而尋獲目標物時必須標定其位置，作為接續作業（如記錄，打撈等）之依據，因此，一個完整的 AUV 作業系統，應同時包括外部導航輔助、內部導航、及環境導航三個系統，並作整合運作。

### 三、結果與討論

#### 1. AUV-HM1 整合型導航系統

AUV-HM1 的內部及外部導航資料之

整合，是由一延展式卡曼濾波器（EKF; Extended Kalman Filter）軟體程式擔任，此 EKF 程式根據已知或估測的儀器量測誤差及載具的動態特性，提供 AUV-HM1 即時的位置和姿態之最佳期望數值 AUV-HM1 之 EKF 程式設計的特點如下：

- (1) 整合來自多組導航儀器的資料，這些資料各有不同的採樣頻率，及不同的基準座標。
- (2) 考慮外部定位資料脫鎖（即量測資料短期中斷）的可能性。

AUV 水下探測的目的，一般為在特定區域做系統性地資料蒐集，或是地毯式之目標搜尋。圖 4 所示為一 AUV 水下探測路徑，以此路徑為例，AUV 自施放點脫離母船後，首先前往設定之起始點，再依據預設之搜尋路徑完成路徑追蹤，接著以最大梯度法搜尋水深為 50 公尺之目標點，並在找到目標點後結束作業，圖 5 所示為此路徑中自主式搜尋部份之水深紀錄。此一作業模式可依任務需要，配合相關之感測儀器，完成特定之水下探測目的。

在外在環境物件的偵測及定位方面，AUV-HM1 將前視聲納掃描所獲得之影像經過類聚及模式比對之後，送入一個以 EKF 為基礎的導航軟體，此軟體的設計功能為：

- (1) 聲納資料至載具位置、姿態的座標轉換。
- (2) 可追蹤移動中或靜止的外物狀態。

由此 EKF 軟體所得之外物狀態，即時提供路徑規劃（或避碰）之軟體，以重新設定 AUV 之運動路徑，如此則可避免碰撞，或進行目標物追蹤。再者，若外物之位置為已知，藉由估測外物座標，此 EKF 軟體之定位資訊，則可用以修正載具的位

置，其原理及信號處理方式則與前述使用外部聲波定位，以修正 AUV 內部導航誤差的方法相似。

圖 6 所示之避障的方法是：使載具與物體保持一最小安全距離，也就是不讓物體進入載具的安全範圍中。因此必須先求出物體與載具所佔有的「區域」，利用適當的圓形先對物體進行分割與定義載具的範圍，可以簡化對重疊的判斷。一般載具的平面運動可分為：前進、左轉及右轉，

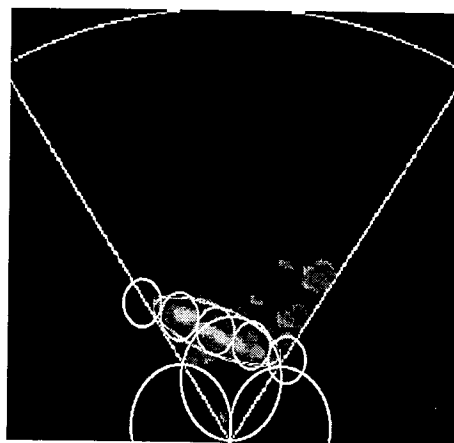


圖 6 影像分割與安全區域

利用三個圓作為載具的「安全區域」，再配合由障礙物所分割出的圓，可以決定載具能夠運動的方向，若有障礙物位於安全區域中，則載具就不能往此區域移動。例如圖 6 表示載具只能往左轉，而前進與右轉有可能碰到障礙物。

圖 7、圖 8 所示，為 AUV 在狹長型水槽中使用聲納訊號的避障試驗。此例中，障礙物為靜止之水槽壁，AUV 藉由視域內槽壁影像之位移，即時推求本身的軌跡，並據以組合運動過程中之槽壁影像，以求得障礙物之整體外型。

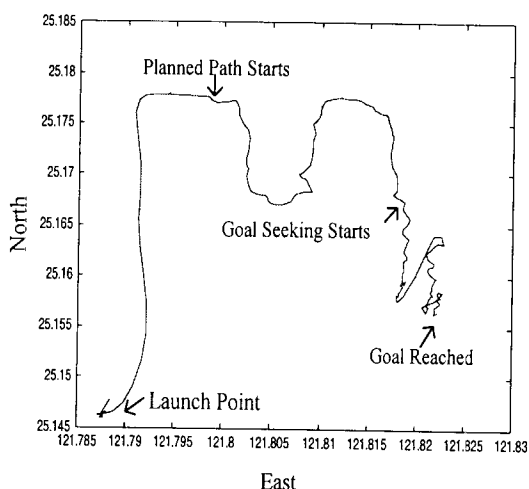


圖 4 AUV 海域作業路徑

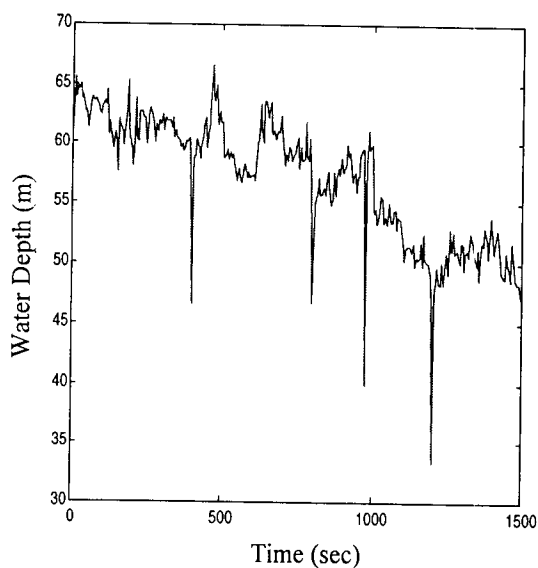


圖 5 圖 4 中自主式搜尋過程之水深紀錄

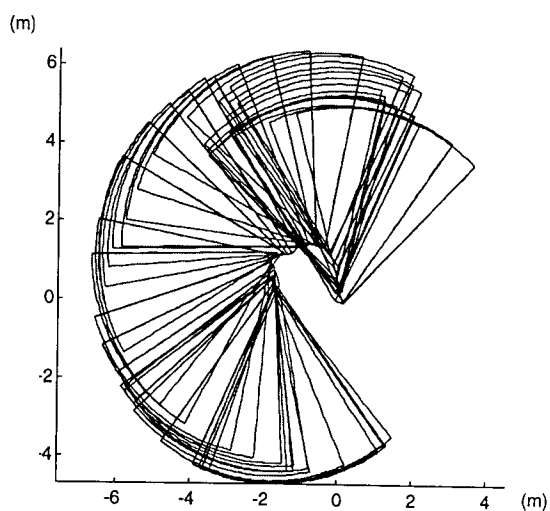


圖 7 由水槽壁聲納影像所推求之 AUV 動態(扇型表示探頭之掃瞄角度)

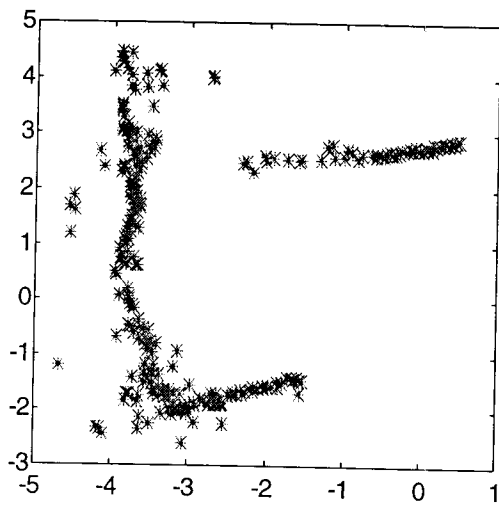


圖 8 實驗過程中由聲納影像  
拼嵌所得之水槽邊緣

## 2. 結語

水中觀測技術是海洋資源開發與利用的基礎。目前用來承載水中觀測儀器的平台，包括船舶、拖曳式平台、遙控載具、或載人潛艇等，各系統提供不同的觀測範圍，速率，和觀測精度。而自主式水下載具，則有執行水下精細觀測、廣域觀測、以及長期觀測的潛力。本計畫初步達成自主式水下載具 AUV-HM1 在執行自動化水中觀測工作時，所不可或缺的作業系統之建構。未來研究方向則在提昇自主式水下載具的自動數據分析、資料詮釋、資料管理及資料傳輸等功能的自動化。

## 四、參考文獻

- [1] 郭振華、蔡進發、邱逢琛、鄭勝文，“自主式水下載具 AUV-HM1 發展現況及未來展望”，海下技術季刊，第五卷，第三期，中華民國海下技術協會，1995。
- [2] 邱逢琛，郭振華，張鎰源，王傑智，王治平，“On the Linear Hydrodynamic Forces and the Maneuverability of an Unmanned Untethered Submersible with

Streamlined Body,”日本造船學會論文集 180 號，1996。

- [3] 鄭勝文，趙岷江，黃國明，“水下載具音波成像聲納之基礎研究——合成孔徑音波成像法之研究”，第十八屆海洋工程研討會論文集，台灣大學，1996。
- [4] 郭振華、邱逢琛、鄭勝文，“自主式水下載具 AUV-HM1 整合型導航系統之構建方法”，海下技術季刊，第七卷，第一期，中華民國海下技術協會，1997。
- [5] 郭振華，劉德志，“應用掃描式聲納影像序列在自主式水下載具避障及導航之研究”，NAOE Report 553，1997。
- [6] 郭振華，林明坤，“自主式水下載具長基線定位系統之淺海域性能測試”，NTU-NAOE-Tech Report 565，1997。
- [7] 郭振華，邱逢琛，賈景光，“自主式水下載具整合型導航系統之研究”，NTU-NAOE-Tech. Report 598，1997。
- [8] 郭振華，邱逢琛，林楨博，“自主式水下載具海域搜尋路徑控制之研究”，NTU-NAOE-Tech. Report 599，1997。
- [9] 郭振華，陳松嶽，“使用連續聲納影像於自主式水下載具運動估測之研究”，NTU-NAOE-Tech. Report 596，1997。
- [10] Cheng, S. W., M. K. Chao, “Underwater Cross-range Synthetic Aperture Acoustic Imaging Using a Cross Array Based on Conic Holography,” 10<sup>th</sup> Int'l Symp. on Unmanned Untethered Submersible Technology, New Hampshire, U.S.A., 1997。
- [11] 鄭勝文，邱逢琛，蔡進發，郭振華，“「自主式水下載具整合型計畫」成果報導”，科學發展月刊，第二十六卷，第一期，1998。
- [12] 郭振華，邱逢琛，黃經程，“滑動模糊控制器在自主式水下載具導航與控制之應用”，NTU-NAOE Tech. Rept. 606，1999。